

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: 23220081153367

UDC\_\_\_\_\_

厦门大学

硕士学位论文

无纺布手挽焊带机控制系统设计

The Control System Design of Non-woven Welding Machine

傅忠伟

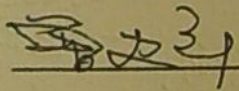
指导教师姓名: 陈伟 副教授

专业名称: 检测技术与自动化装置

论文提交时间: 2011 年 月

论文答辩日期: 2011 年 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: 

评阅人: \_\_\_\_\_

2011 年 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）： 傅忠伟

2011年 6月 6日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

(        ) 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于     年     月     日解密，解密后适用上述授权。

( ☒ ) 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

作者签名：傅忠伟

日期：2011年 6月 6日

导师签名：



日期：2011年 6月 7日

## 摘 要

塑料袋给人们的生活带来便利的同时，由于其难降解的特性，也造成了严重的环境问题。无纺布袋以其坚韧耐用、造型美观、体积小、质量轻，以及可降解的特点，被认为是塑料袋的最佳替代品。无纺布手挽焊带机就是将无纺布袋的提手准确快速牢固地焊接在袋体上的加工设备，机器采用超声波焊接方式，具有加工速度快，粘合牢固的优点。

本论文首先分析了无纺布手挽焊带机的工作原理，根据其对其控制系统的要求制定了分模块设计的总体方案，并确立了其中的步进电机驱动模块以及主控制器模块为本文的研究重点。

随后，论文介绍了步进电机驱动模块设计方案。首先分析了步进电机驱动原理和步进电机细分控制原理，接着给出了恒流斩波驱动控制方式的硬件设计和软件设计方案。步进电机驱动控制模块采用 L6506 集成控制芯片来实现恒流斩波控制，以 MOSFET 作为功率开关器件，用 IR2110 来驱动功率管。

接下来给出了主控制器模块的硬件和软件设计。主控制器模块采用 STC12C5A 系列微控制器，主控制器模块主要负责机械手的时序控制、步进电机的脉冲控制以及与人机界面的通信。论文分析了几种常见的步进电机加速算法，然后给出了直线加速算法的具体实现方式。最后论文还介绍了上位机时序设置软件的设计方案。

本文设计的无纺布手挽焊带机控制系统可靠稳定，效率高，性价比优，符合预先的设计要求，达到了预期目标。

**关键词：**无纺布袋；步进电机；时序设置



## Abstract

Plastic bags bring great convenience to people's lives, at the same time, it caused serious environmental problems because of its biodegradable properties. Non-woven bag because of its tough and durable feature, small volume, light quality, as well as the characteristics of biodegradable, is considered to be the best substitute of plastic bags. Non-woven bag welding machine is used to weld the handle on the bag, it use ultrasonic to weld the handle, with the advantages of fast processing and strongly adhesion.

At first, the paper makes an analysis of the working principle of bag machine, according to it request of control system, we work out the overall plan that mark of module designs and establish the stepping motor driver module and main controller module being the main research emphases of the paper.

Then, this paper introduces the design of stepping motor driver module. This paper firstly analyzes the stepping motor driver principle and stepping motor subdivision control principle, then gives out the hardware design and software design of constant-current chopping drive. Stepping motor driver control module use L6506 integrated control chip to realize constant-current chopping drive, we use MOSFET as power switching device and IR2110 to drive power tube.

Then we give out the hardware design and software design for main controller module. The main controller module use STC12C5A series chips to be the controller, which responsible for the control of sequence of the manipulator and the stepper motor. The communication between the main controller and LCD module is also considered. Paper analyzes some common stepping motor speed algorithm, then the realization of linear accelerate algorithm is given. Finally this paper also introduces the design of timing set software which is worked out with VS2005.

The non-woven bag welding machine control system is reliable, high efficiency and stable, accord with the optimal design requirements in advance, achieves the desired goal.

**Keyword:** Non-woven bag; stepping motor; timing setting

# 目 录

第一章 绪论 .....	1
1.1 选题背景及意义 .....	1
1.2 超声波焊接原理 .....	2
1.3 无纺布手挽焊带机的结构与工作原理简介 .....	4
第二章 系统总体方案设计 .....	6
2.1 预期性能指标 .....	6
2.2 系统方案确定 .....	7
2.3 系统各个子模块的划分与开发流程 .....	7
第三章 步进电机驱动模块设计 .....	9
3.1 需求分析 .....	9
3.2 两相混合式步进电机的结构 .....	9
3.3 步进电机驱动原理 .....	11
3.4 几种常见的电机驱动方式 .....	12
3.4.1 单电压驱动 .....	13
3.4.2 高低压驱动 .....	14
3.4.3 恒流斩波驱动 .....	15
3.5 步进电机细分驱动原理 .....	17
3.6 转矩星矢量分析 .....	18
3.7 步进电机驱动控制模块硬件设计 .....	20
3.7.1 输入信号电路设计 .....	21
3.7.2 DA 转换模块设计 .....	22
3.7.3 恒流斩波控制电路 .....	24
3.7.4 主驱动电路设计 .....	25
3.7.5 MOSFET 驱动电路设计 .....	26
3.7.6 高压侧悬浮驱动的自举原理 .....	30
3.7.7 步进电机的抗干扰措施 .....	30
3.8 步进电机驱动控制模块软件设计 .....	31
第四章 主控制器模块设计 .....	35
4.1 需求分析 .....	35
4.2 主控制器原理框图 .....	35
4.3 主控制器模块硬件设计 .....	36
4.3.1 主控制器芯片性能 .....	36
4.3.2 PCA 模块及其应用 .....	37
4.3.3 输入输出信号扩展设计 .....	38
4.3.4 EEPROM 数据存储模块 .....	41
4.3.5 LCD 显示模块 .....	41

4.4 主控制器软件设计 .....	43
4.4.1 步进电机加速算法设计 .....	45
4.4.2 输入信号滤波 .....	49
4.4.3 人机界面软件设计 .....	50
4.5 通信协议设计 .....	52
4.6 产品外观 .....	53
第五章 上位机时序设置软件设计 .....	55
第六章 总结与展望 .....	61
参考文献 .....	62
作者硕士期间发表的论文 .....	63
致    谢 .....	64

# Content

<b>Chapter1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
1.1 The background and significance of this paper . . . . .	1
1.2 Principles of ultrasonic welding. . . . .	2
1.3 The structure and working principle of bag machine . . . . .	4
<b>Chapter2 Overall system design.....</b>	<b>6</b>
2.1 Expected performance . . . . .	6
2.2 Determination of the scheme . . . . .	7
2.3 The division of each module and the system development process. . . . .	7
<b>Chapter3 Stepping motor driver module.....</b>	<b>9</b>
3.1 Demand analysis . . . . .	9
3.2 The structure of two-phase hybrid stepping motor . . . . .	9
3.3 Working principle of stepping motor driver. . . . .	11
3.4 Several common motor drive mode. . . . .	12
3.4.1 Single-voltage drive . . . . .	13
3.4.2 High and low voltage drive . . . . .	14
3.4.3 Constant current chopper driver . . . . .	15
3.5 Principle of subdivision driving. . . . .	17
3.6 Torque star vector analysis. . . . .	18
3.7 The hardware design of stepping motor driver . . . . .	20
3.7.1 Input signal circuit design . . . . .	21
3.7.2 DA converter module design . . . . .	22
3.7.3 Constant current chopping control circuit . . . . .	24
3.7.4 The main driving circuit. . . . .	25
3.7.5 The driving circuit of MOSFET . . . . .	26
3.7.6 Principle of bootstrap on the high-voltage side. . . . .	30
3.7.7 The anti-interference measures for stepping motor . . . . .	30
3.8 The software design of stepping motor driver . . . . .	31
<b>Chapter4 The design of main controller module .....</b>	<b>35</b>
4.1 Demand analysis . . . . .	35
4.2 The block diagram of main controller . . . . .	35
4.3 The hardware design of main controller. . . . .	36
4.3.1 The performance of microcontroller . . . . .	36
4.3.2 PCA module and its application . . . . .	37
4.3.3 Extended design for input and output signals . . . . .	38
4.3.4 Data storage module. . . . .	41
4.3.5 LCD display module . . . . .	41
4.4 The software design of main controller. . . . .	43



4.4.1 The accelerate algorithm for stepping motor .....	45
4.4.2 Input signal filtering .....	49
4.4.3 The software design of LCD module .....	50
<b>4.5 Communication protocol .....</b>	<b>52</b>
<b>4.6 Product appearance .....</b>	<b>53</b>
<b>Chapter5 The design of timing set software.....</b>	<b>55</b>
<b>Chapter6 Summary and expectation .....</b>	<b>61</b>
<b>Reference.....</b>	<b>62</b>
<b>Published papers of author .....</b>	<b>63</b>
<b>Acknowledges .....</b>	<b>64</b>

## 第一章 绪论

### 1.1 选题背景及意义

随着经济的不断发展，环境问题也越来越严重，环境问题逐渐得到人们的重视。其中，白色污染就是人们对难降解的塑料垃圾污染环境现象的一种形象称谓。它是指用聚苯乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等高分子化合物制成的各类生活塑料制品使用后被弃置成为固体废物，由于随意乱丢乱扔，难于降解处理，以致造成城市环境严重污染的现象。

塑料袋给人们的生活带来便利的同时，也已构成人类生活环境恶化的重要因素。无纺布生产具有工艺流程短、产量高、品种变化快、原料来源广泛、使用寿命长、可降解等特点，被认为是塑料袋的最佳替代品[1]。

国务院“限塑令”从 2008 年 6 月开始实行，从起初消费者短期的不适应到如今非织造布环保购物袋被广泛接受和使用，收到了可喜的环保效果，同时也促进了无纺布产业的发展。因此，我国许多机械制造厂商都积极投身于无纺布制袋机的研究开发工作中去，为占领未来的市场而蓄积力量。

无纺布环保袋是用无纺布缝制的袋子，它的环保意义主要在于它可以重复使用几十次到上百次，即一个无纺布环保袋可以替代近百个一次性塑料袋；其次是废弃后的无纺布袋较塑料袋易降解，废弃后对环境的污染度也只有塑料袋的 10%。

无纺布环保袋坚韧耐用、造型美观；体积小，质量轻，可折叠入衣袋，携带方便；可重复使用、易洗快干。热轧无纺布环保袋还适宜公司或企业作为广告宣传、赠品之用。消费者在购物消费的同时又可以获得一个精美的袋子，另一方面商家也得到了无形的广告宣传，两全其美。所以热轧无纺布环保袋在市场上越来越受欢迎[2,3]。

随着无纺布环保袋的大量需求，制袋厂商逐渐发现原先的机器无法满足市场的需求。原先的制袋机器设备主要是由进口而来的，其功能单一，当产品需求产生变化时无法完成任务。另外国外的机器通常是面对大企业用户，从原料到产品通常都是一体化完成，而国内的软包装行业以中小企业为主，在产品的加工过程中常常只负责其中的一个工序，如袋体和袋手挽是分开完成的[4]。再次如果机

器出现故障，国外机器通常需要较长时间的处理过程，而易耗零件的更换，国产机比进口机要更加方便快速。最后，从价格上，进口机器一般都是国产机器的 5 倍以上，但是由于软包装产品的更换周期比较短，产品的需求更新变化较快，投资进口机器的投资回收周期较长，且风险较大。鉴于以上的这些特点，国产制袋机器逐渐得到市场的亲睐，在与进口机器的竞争中，逐渐发展壮大起来。

### 1.2 超声波焊接原理

在制袋工艺的过程中，为了固定袋体手挽，可以通过缝制，热熔胶粘合以及超声波焊接等方式，超声波焊接技术以其无需外加焊剂，加工速度快，粘合牢固等优点得到了广泛的应用。

声音是由物体振动产生的，每秒钟振动的次数称为声音的频率，单位为赫兹。人类耳朵能分辨的声波频率为 16 赫兹到 20000 赫兹，当物体的振动频率超过了 20000 赫兹，即高于人耳听觉的上限时，人类便无法听见，这样的声波称为“超声波”。超声和可闻声在本质上是一致的，它们的本质都是一种机械振动，通常以纵波的方式在弹性介质内传播，是一种能量的传播形式。与可闻声波进行比较，其特点是频率高，波长短，在一定距离内沿直线传播具有良好的束射性和方向性。

从 19 世纪末到 20 世纪初，物理学上发现了压电效应与反压电效应，人类解决了利用电子学技术产生超声波的办法，从此便揭开了发展与推广超声技术的历史篇章。

当超声波在介质中传播时，由于超声波与介质的相互作用，使介质发生物理的和化学的变化，从而产生一系列力学的、热的、电磁的和化学的超声效应，包括以下 4 种效应[5]：

**机械效应：**超声波的机械作用可促成液体的乳化、凝胶的液化和固体的分散。当超声波流体介质中形成驻波时，悬浮在流体中的微小颗粒因受机械力的作用而凝聚在波节处，在空间形成周期性的堆积。超声波在压电材料和磁致伸缩材料中传播时，由于超声波的机械作用而引起的感生电极化和感生磁化。

**空化作用：**超声波作用于液体时可产生大量小气泡。当超声波在液体中传播时，由于液体微粒的剧烈振动，会在液体内部产生小空洞。这些小空洞迅速胀大和闭合，会使液体微粒之间发生猛烈的撞击作用，从而产生几千到上万个大气压的压强。微粒间这种剧烈的相互作用，使得液体的温度骤然升高，起到了很好的

搅拌作用,从而使两种不相溶的液体(如水和油)发生乳化,并且加速溶质的溶解,加速化学反应。这种由超声波作用在液体中所引起的各种效应称为超声波的空化作用。与空化作用相伴随的内摩擦可形成电荷,并在气泡内因放电而产生发光现象。在液体中进行超声处理的技术大多与空化作用有关。

热效应:由于超声波频率高,能量大,被介质吸收时能产生显著的热效应。

化学效应:超声波的作用可促使发生或加速某些化学反应。超声波还可加速许多化学物质的水解、分解和聚合过程,这些现象的发生总与空化作用相伴随。

目前,超声波技术的研究和应用的范围,已从船舶、冶金、机械等扩大到二十多个工业部门,并取得了很好的社会效益和经济效益[5]。

超声波焊接原理是通过超声波发生器将 50 赫兹的交流电转换成 15、20、30 或 40 千赫兹电能。被转换的高频电能通过换能器再次被转换成同等频率的机械运动,随后机械运动通过一套可以改变振幅的调幅器装置传递到焊头。焊头将接收到的振动能量传递到待焊接工件的接合部,在该区域,振动能量被通过摩擦方式转换成热能,将塑料熔化。超声波不但可以被用来焊接硬热塑性塑料,而且还可以加工织物和薄膜。由于焊接过程中只发生微熔化就能在金属之间、非金属之间实现焊接,因而具有其他焊接方法所不及的优点。

超声波焊接技术在塑胶工业上的应用在世界各地已日趋普遍。由于超声波焊接技术可取代过去生产上需要的熔剂、粘合剂、扣钉或其它机械固定法,从而提高了生产效率、降低了成本。超声波发生器产生 20KHz 的高压、高频信号,通过换能系统,把信号转换为高频机械振动,加于塑料制品工件上,通过工件表面及内在分子间的磨擦而使传处到接口的温度升高,当温度达到此工件本身的熔点时,使工件接口迅速熔化,继而填充于接口间的空隙;当震动停止,工件同时在一一定的压力下冷却定形,便达到完美的焊接。

超声波焊接适用于热塑性塑料制品的焊接、铆接、点焊以及金属件与塑料件间的镶嵌和压边工艺,淘汰了落后的用化学有机熔点剂粘贴的工艺,具有能耗低、效率高、不变形、无污染、焊接牢固、操作方便等特点。超声波塑料焊接涉及声学、电子技术、计算机、计量技术、机械、高分子材料、自动控制等学科。它是多学科的交叉领域,是多学科成果的综合应用[6]。超声波技术应用在塑料焊接上是超声波技术的一个重大发展。

超声波塑料焊机主要由主电路、声学系统、气动加压系统、自动控制系统、

机械部分构成。其中声学系统是最重要的部分。声学系统有换能器、调幅器、焊接头组成，这三部分依次用螺栓连接，成为一个整体。

换能器部件是将发生器产生的高压电波转换成机械振动，经过传递、放大、到达加工件的表面。换能器的关键元件是压电陶瓷，这是一种以铁电晶体为原料的多晶烧结体，烧结后经人工极化而成。压电陶瓷具有压电特性，即在一定方向上对其施加压力时会使其极化状态发生变化而在相应的表面感应产生电荷，电荷密度与应力成正比。反之，对其施加激励电场会使其在一定方向上产生机械变形，应变与电场强度成正比。后一现象称为逆压电效应或电致伸缩[7]。在超声波焊接设备中的压电陶瓷元件被做成便于安装固定的环状。其端面烧渗有银质电极，为电能的输入端。受电能激励时，圆环厚度发生变化，机械能便从端面输出。由于压电陶瓷是电介质，所以每片圆环也是一个电容器。一个专用的螺栓将一块特定重量的圆柱形振子与多片压电陶瓷圆环和它们之间的导电极片紧固在聚能器上，这样构成一个能以工作频率在纵轴方向上谐振的整体。换能器与增幅器、焊头构成的焊接器整体，必须在上作频率下有良好的谐振特性，才能正常工作。

### 1.3 无纺布手挽焊带机的结构与工作原理简介

无纺布环保袋的生产线共有五个工序组成，选择面料，裁切分切，印刷，制袋，焊接手挽。其中，焊接手挽是环保袋生产线的最后一道工序，这道工序直接影响环保袋的承受重量及使用寿命，对最终产品的质量至关重要。

简单的说，无纺布手挽焊带机就是将提手准确快速牢固地焊接在袋体上的加工设备，整个机器的示意图如图 1-1 所示。

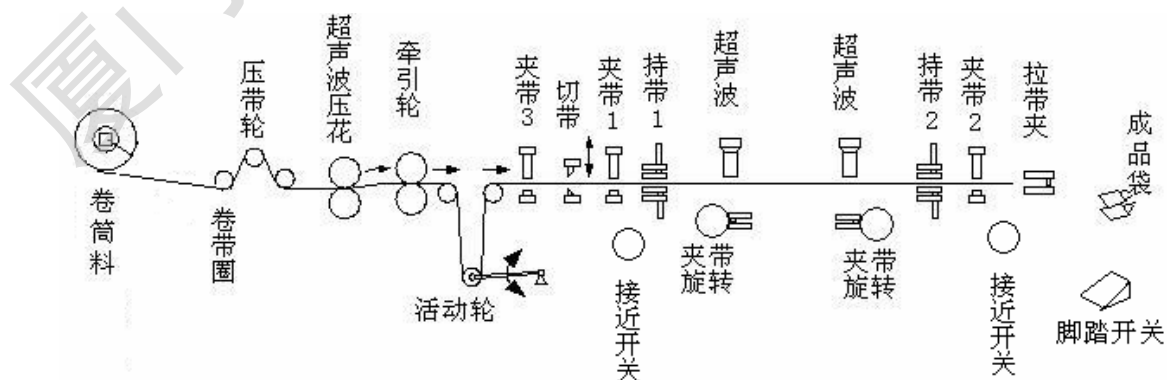


图 1-1 无纺布手挽焊带机结构示意图

无纺布手挽焊带机利用步进电机和交流异步电机作为驱动装置。其中步进电机根据光电开关提供的输入信号，完成带条的定长定位牵引，带条的长度就是两个光电开关之间的长度，如果要需要不同长度的提手，只需调整两个光电开关之间的距离即可。切带，夹带等动作辅助将带条送到准确的位置，然后通过超声波将带条焊接到袋体上。活动轮可以上下偏移，可以为后面的拉取带条提供一定的缓冲区，交流异步电动机负责将前端的带条的送入到活动轮的缓冲区中。前端的超声波将带条融合成不同的花纹，可以根据需求更换滚轮，便可印出不同的花纹。纵观整个流程，无纺布手挽焊带机的工作过程可以分为以下几步：

1. 超声波压花：将带条印出花纹，为后续的动作做准备。
2. 步进电机拉带：控制步进电机的稳定运行，根据产品的需求，拉取定长的带条。
3. 切带，旋转：将定长的带条精确地送到袋体内。
4. 超声波焊接：利用超声波的热合功能将带条热熔焊接到袋体上。

本文的主要研究内容

- (1)、对无纺布手挽焊带机的工作原理和生产工序进行了解的基础上，确定整个系统的总体控制方案。
- (2)、完成控制系统的硬件电路设计
- (3)、完成控制系统的软件设计与调试

## 第二章 系统总体方案设计

在整个系统的工作过程中，一共分为四步。其中超声波压花，将带条输送到由活动轮产生的缓冲区中，这个过程无需控制器来控制，是由交流异步电动机完成，当活动轮上升时会产生一个离开信号，由这个信号来控制异步电动机的运行，当活动轮回到原位置时，信号消失，带条就不再继续往后传送，防止带条过多产生偏移。这样由活动轮，检测开关及异步电机构成一个闭环控制系统，保证了印好花纹的带条的连续供应。

焊带过程控制的要点和难点是将带条快速准确的牵引到工作台上，在牵引的过程中需要其他动作协调配合完成。带条的长度、步进电机的速度以及带条的牵引力矩都影响到整个系统的运行。在步进电机的运行过程中，其他机械部件要避免，防止与电机相撞，否则会损坏器件，并且会导致电机失步甚至堵转。另外为了保证步进电机稳定高速运行，在电机的起动和停止阶段都必须有一段加速和减速区间。

此外，在超声波焊接过程中，需要将超声波的焊头压紧在带条上，这个过程较快且压力较大，如果不加保护措施，易使操作人员的手指受伤，因此必须加上相应的保护措施，在检测到有手在焊台上时，超声波的焊头不能下压，以防止造成人员意外受伤。

### 2.1 预期性能指标

本文设计的无纺布手挽焊带机控制系统要达到以下几个指标：

- 1、当带条为 50cm 时，最大焊带速度可达 30 个/分。
- 2、可以实现带条定长控制，长度精确到 1mm，要实现带条在袋子上的位置准确定位，误差不超过 1mm。
- 3、要求人机界面友好，正常使用时用户可以根据需要设置当前的产量及总的做袋个数，并且在调试时可以方便修改各个动作的时序。
- 4、在运行过程中，发现步进电机堵转现象时，必须将步进电机慢速回归位置，并且其他动作复位。



5、要求在检测到有手在焊台上时，要有保护措施，防止人员受伤。

## 2.2 系统方案确定

在工业控制应用中，时序控制通常采用 PLC 来进行控制。PLC 的优点是可靠性高，操作容易，便于安装及维修，具有很好的柔性等[8]，但是该方案的成本较高，相对而言，用单片机来开发具有价格便宜、机动灵活的特点[9]。

按照功能的不同，将系统分为若干个子模块，对各个子模块进行独立控制。必要时，各个模块之间通过总线进行通信，保持各个子模块之间信息的一致性。另外，由于单片机的处理速度有限，如果在一颗单片机芯片内完成所有环节的协调控制，还要完成各种控制算法是不现实的。因此，本系统采用了分散模块控制思想，各个模块单独控制，并通过总线进行信息共享，这样可以降低整个系统的复杂度，实现对各个模块的独立开发调试，然后再进行集成调试，从而实现整个系统更快的运行起来，从而实现产研结合效益的最大化[10]。

## 2.3 系统各个子模块的划分与开发流程

无纺布手挽焊带机需要控制的对象有步进电机，各个机械手的时序，人机界面。根据各个被控对象之间相关性的不同将控制系统分为以下几个子模块：

### (1)、主控制器模块

实现对各个机械手时序的协调控制，完成夹带，切带动作，保证将带条输送到焊台上准确的位置上。

### (2)、步进电机驱动模块

实现步进电机的驱动，保证步进电机的快速稳定运行，步进电机的运行速度直接影响到整个系统的效率。

### (3)、人机界面

本系统的人机界面采用 240\*128 液晶显示模块，模块上有四个按键，用户可以通过按键，修改控制系统中易变参数的值。

### (4)、上位机时序设置软件

该模块主要负责在调试阶段设置各个动作时序，使各机械手能够协调动作，加快系统的调试安装过程。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库